



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: **2009117175/28, 05.05.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**05.05.2009**

(45) Опубликовано: **27.06.2010** Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **RU 2078354 C1, 27.04.1997. RU 2006879 C1,**  
**30.01.1994. WO 03019611 A1, 06.03.2003. JP**  
**4036947 A, 06.02.1992.**

Адрес для переписки:

**620041, г.Екатеринбург, ГСП-170, ул. С.**  
**Ковалевской, 18, Институт физики металлов**  
**УрО РАН, патентный отдел**

(72) Автор(ы):

**Курмаев Эрнст Загидович (RU),**  
**Мильман Игорь Игоревич (RU),**  
**Литовченко Евгений Николаевич (RU),**  
**Соловьев Сергей Николаевич (RU),**  
**Ревков Иван Григорьевич (RU),**  
**Федоренко Виктор Васильевич (RU),**  
**Бунтов Евгений Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

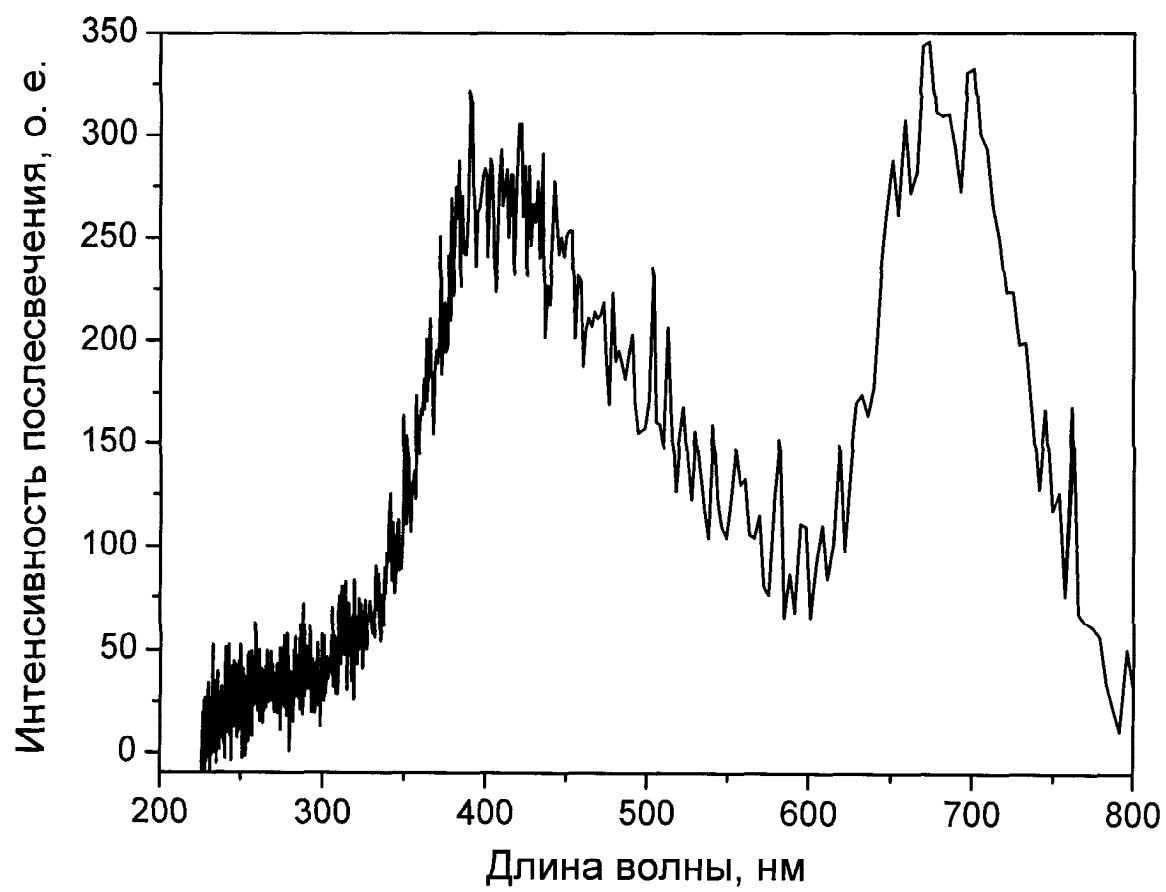
**Институт физики металлов Уральского**  
**отделения Российской академии наук,**  
**государственное учреждение (RU)**

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ ПО ЕГО СЕЧЕНИЮ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам измерения параметров направленного излучения, включая измерение таких характеристик потоков заряженных частиц, как их пространственное распределение по плотности и дозам с помощью люминесцентных детекторов ионизирующих излучений. Технический результат - расширение возможностей исследований, создания и контроля ускорительной техники, изделий сильноточной электроники. Способ определения распределения плотности потока электронов по его сечению путем размещения на пути электронного потока люминофора-

мишени с длительным послесвечением включает облучение ее электронным потоком, получение на ее поверхности люминесцентного изображения сечения электронного потока и определение по нему распределения плотности потока электронов по его сечению, при этом в качестве материала люминофора-мишени выбирают наноструктурную керамику на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , а распределение плотности потока электронов по его сечению определяют количественно по люминесцентному изображению сечения электронного потока, преобразованному из аналоговой формы в цифровую. 4 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

*G01T 1/29* (2006.01)*B82B 1/00* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2009117175/28, 05.05.2009**(24) Effective date for property rights:  
**05.05.2009**(45) Date of publication: **27.06.2010 Bull. 18**

Mail address:

**620041, g.Ekaterinburg, GSP-170, ul. S.  
Kovalevskoj, 18, Institut fiziki metallov UrO  
RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Kurmaev Ehrnst Zagidovich (RU),  
Mil'man Igor' Igorevich (RU),  
Litovchenko Evgenij Nikolaevich (RU),  
Solov'ev Sergej Nikolaevich (RU),  
Revkov Ivan Grigor'evich (RU),  
Fedorenko Viktor Vasil'evich (RU),  
Buntov Evgenij Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Institut fiziki metallov Ural'skogo otdelenija  
Rossijskoj akademii nauk, gosudarstvennoe  
uchrezhdenie (RU)**

**(54) METHOD TO DETERMINE ELECTRON FLOW DENSITY DISTRIBUTION OVER FLOW SECTION**

(57) Abstract:

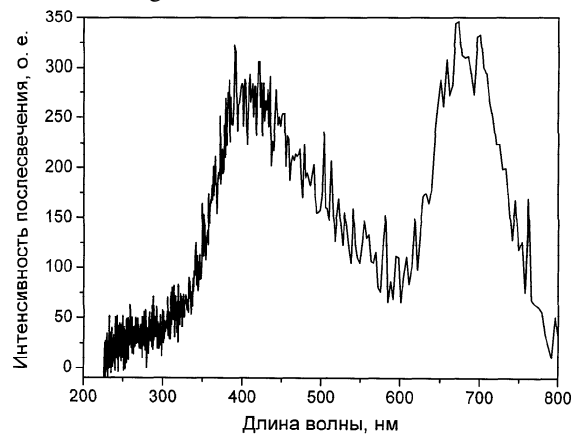
FIELD: physics.

SUBSTANCE: proposed method comprises arranging long-persistence phosphor-target on flow path, irradiating said target by electron flow, producing on target surface of luminescent image of electron flow section and determining electron flow distribution over said section. Note here that said long-persistence phosphor-target represents nano-structure  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2})\text{O}_4$ -based ceramics, while said distribution is determined quantitatively from said luminescent image of electron flow section converted from analog form into digital form.

EFFECT: expanded performances, development and control of accelerating hardware and high-

precision electronics.

5 cl, 4 dwg



Фиг.1

Изобретение относится к способам измерения параметров направленного излучения, включая измерения таких характеристик потоков заряженных частиц, как их пространственное распределение по плотности и дозам с помощью люминесцентных детекторов ионизирующих излучений. Эта информация может быть  
 5 особенно полезной для оптимизации параметров излучений при создании и применении импульсных сильноточных электронных ускорителей, мощных электронно-лучевых приборов, находящих применение в СВЧ-электронике, медицине и физическом эксперименте.

При конструировании электронных приборов и поиске эффективных путей для их дальнейшего совершенствования необходима информация о структуре электронных потоков, в частности распределение плотности электронного потока в рабочем пространстве. Теоретический анализ процессов в области источника электронов, формирующих структуру электронного потока, крайне затруднен из-за  
 15 необходимости учета различных видов неустойчивостей в объемном заряде и становится практически невозможным для сильноточных импульсных электронных потоков.

Известны невозмущающие способы измерения параметров электронных пучков, основанные на различных физических явлениях, происходящих при взаимодействии ускоренных электронов с атомами и молекулами твердых, жидких и газообразных материальных сред, применяемыми в качестве мишени и вспомогательных элементов (Л.С.Горн и В.И.Хазанов. Современные приборы для измерения ионизирующих излучений. - М.: Энергоатомиздат, 1989, с.232; Г.И.Александров и др. Методы  
 25 экспериментального исследования структуры электронных пучков приборов О - и М-типов. Обзоры по электронной технике. Сер.1. Электроника СВЧ, 1973, вып.8 (108), с.79-100).

Известен способ регистрации распределения сильноточного потока электронов по тормозному рентгеновскому излучению, образуемому на мишени-коллекторе при ее бомбардировке (В.М.Дувидзон и др. Узел рентгеновской диагностики радиального распределения плотности электронного пучка. ПТЭ, 1990, с.192-194). Рентгеновское излучение измеряют с помощью датчиков, помещенных в коллимирующие каналы свинцовой пластины, размещенной вблизи мишени-коллектора.

Недостатком метода является то, что он не позволяет получать полную картину распределения тока по поверхности мишени из-за низкого ( $\leq 1$  мм) пространственного разрешения.

Разновидностью этого способа является получение полной картины распределения электронного потока по поверхности мишени-коллектора за счет фокусировки на приемное устройство с помощью камеры-обскуры с малым отверстием рентгеновского излучения (Ю.Л.Бакшаев и др. Динамика структуры микросекундных РЭП. Физика плазмы, 1989, т.15, №8, с.992-999). Для достижения в этих измерениях  
 40 высокого пространственного разрешения необходимо использовать камеру-обскуру с малым входным отверстием, что приводит к невысокой чувствительности метода и ограничивает возможности применения способа для диагностики сильноточных электронных пучков.

Структуру электронного потока определяют по следу (автографу), оставляемому им. В этом случае на пути электронного потока устанавливают мишень-коллектор, например, из металла или полимерной пленки, наблюдают картину разрушения или изменения окраски поверхности, по которым судят о распределении плотности потока электронов в сечении пучка (С.П.Бугаев и др. В сб. Релятивистская высокочастотная  
 50

электроника. Горький: Изд. ИПФ АН СССР, 1979, с.5-75).

Этот способ обладает существенным недостатком, заключающимся в том, что по характеру разрушения поверхности мишени или изменению ее окраски невозможно провести количественный анализ распределения плотности потока электронов по его сечению. Это существенно ограничивает возможности применения метода для практического использования.

Известен также способ регистрации распределения плотности электронного потока в сечении импульсного сильноточного пучка, основанный на регистрации теплового (нелюминесцентного) излучения с поверхности мишени-коллектора, нагретого электронным потоком, в моменты времени после начала импульса электронного потока. Для регистрации теплового излучения используется электронно-оптический преобразователь с импульсным питанием. Изображение с экрана электронно-оптического преобразователя фотографируется или с помощью телевизионной камеры вводится и хранится в памяти ЭВМ (Патент РФ №2006879).

Недостатком этого способа является сложность конструкции и ее управлением, в частности из-за инерционности теплового изображения и его спадания во времени необходимо обеспечение прецизионной временной синхронизации между моментами времени начала импульса, его окончанием, подачи напряжения питания электронно-оптического преобразователя. Кроме того, на точность, достоверность, повторяемость результатов и разрешающую способность оказывает большое влияние излучательная способность поверхности материала мишени, с которой регистрируется тепловое излучение. Эта характеристика является трудновоспроизводимой, поскольку в большой степени зависит от качества механической обработки материала мишени. Эти обстоятельства существенно ограничивают возможности применения указанного метода и не позволяют повысить качество измерений.

Известен способ определения структуры сильноточного электронного потока по свечению тонких (например, лавсановых) пленок, установленных на его пути (В.И.Кременцов и др. Измерение параметров релятивистского сильноточного электронного пучка методом регистрации свечения тонких диэлектрических пленок. ЖТФ, 1980, т.50, №11, с.2469-2472). Регистрация (например, фотографирование) люминесцентного свечения пленки, пронизываемой электронным потоком, дает информацию о распределении тока в месте установки пленки.

Недостатком этого способа является короткое время высвечивания материала мишени, требующее для регистрации свечения в реальном времени сложную и дорогостоящую аппаратуру нано - или пикосекундного диапазона. Недостатком данного способа является также быстрое разрушение материала мишени и невозможность многократного ее использования.

Из приведенных выше примеров следует, что известные способы-аналоги позволяют использовать их для регистрации распределения плотности потока электронов в сечении электронного пучка, в том числе импульсного и сильноточного. Общими недостатками описанных методов являются низкая разрешающая способность полученных распределений, невозможность многократного использования тонкопленочных экранов люминесцирующих мишеней после первого импульса, сложность в документировании результатов измерений, необходимость применения сложного и дорогостоящего оборудования с высоким временным разрешением. По перечисленным причинам ни один из рассмотренных способов не предусматривает получение количественного описания распределения потока электронов по его сечению.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому следует считать способ определения распределения плотности потока электронов по его сечению путем размещения на пути электронного потока люминофора-мишени из кристаллического минерала сподумена  $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , кальцита  $\text{CaCO}_3$  или апатита  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)\text{F}$ , содержащего примесные ионы  $\text{Mn}^{2+}$  в качестве «визуализатора» электронного пучка, облучение ее электронным потоком, получение на ее поверхности люминесцентного изображения сечения электронного потока и визуальное определение по нему распределения плотности потока электронов по его сечению.

В этом способе, принятом за прототип предлагаемого изобретения, для визуализации электронных пучков, в том числе сильноточных и импульсных, используют природные кристаллические минералы сподумена  $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , кальцита  $\text{CaCO}_3$  или апатита  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)\text{F}$ , содержащие примесные ионы  $\text{Mn}^{2+}$  в качестве «визуализатора» электронного пучка. Эти минералы интенсивно люминесцируют в желто-зеленой области оптического спектра при воздействии на них электронных пучков, что позволяет визуализировать поперечное сечение электронного пучка в любой точке оси его распространения. Причем визуализация может осуществляться как во время облучения минералов электронным пучком, так и после прекращения его действия в течение нескольких десятков минут из-за длительного послесвечения. Интенсивность люминесценции при этом оказывается пропорциональной плотности тока электронного пучка (Патент РФ №2078354).

Недостатком этого способа является то, что он позволяет проводить лишь визуальную, с помощью зрительного восприятия, оценку геометрических размеров электронного пучка и качественно судить о распределении плотности пучка по его сечению, не позволяя определить количественных соотношений. При этом могут возникать существенные ошибки и невоспроизводимость результатов измерений из-за случайного и неравномерного распределения люминесцирующей примеси  $\text{Mn}^{2+}$ , ее неоптимальной для достижения максимальной интенсивности люминесценции концентрации в природных минералах, используемых в качестве мишеней. Со случайным характером распределения основной люминесцирующей примеси в природных кристаллах связана и недостаточная разрешающая способность измеряемых распределений. Следует отметить также относительно низкую радиационную стойкость этого класса природных соединений, быстрое затухание светового «отпечатка» электронного пучка, что (хотя этот аспект вообще не рассматривается в способе, принятом за прототип) затрудняет получать оцифрованное изображение распределения для его последующей обработки и документирования. Эти обстоятельства существенно ограничивают возможности применения способа, принятого за прототип предлагаемого изобретения.

В основу изобретения положена задача повышения точности, разрешающей способности, достоверности результатов проводимых измерений, получения данных для инструментального обнаружения и количественного описания неоднородности распределения электронного потока по его сечению.

Поставленная задача решается тем, что в способе определения распределения плотности потока электронов по его сечению путем размещения на пути электронного потока люминофора-мишени с длительным послесвечением, облучения ее электронным потоком, получения на ее поверхности люминесцентного изображения сечения электронного потока и определения по нему распределения плотности потока электронов по его сечению согласно изобретению в качестве

материала люминофора-мишени выбирают наноструктурную керамику на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , а распределение плотности потока электронов по его сечению определяют количественно по люминесцентному изображению сечения электронного потока, преобразованному из аналоговой формы в цифровую.

При этом:

- при измерении одиночных или слаботочных импульсных или непрерывных потоков электронов для многократного усиления интенсивности послесвечения, перед оцифровыванием изображения, на люминофор-мишень дополнительно воздействуют оптическим излучением с длиной волны 450-500 нм, длительностью 10-60 секунд и мощностью излучения 1-5 мВт;

- при измерении одиночных или слаботочных импульсных или непрерывных потоков электронов для многократного усиления интенсивности послесвечения и ее плавного регулирования оцифровывание производят при повышенной температуре люминофора-мишени в интервале от 20 до 270°C;

- при разрушении люминесцентного изображения электронного потока за счет нагрева им поверхности люминофора-мишени до 300-370°C оно может быть вновь восстановлено при нагреве люминофора-мишени до 450-470°C;

- преобразование люминесцентного изображения из аналоговой формы в цифровую проводят в спектральных диапазонах около 400 нм или 700 нм, при этом оцифровывание производят разными способами, что повышает его качество и достоверность.

Сущность предлагаемого изобретения заключается в том, что люминесцентное «изображение» плотности поперечного сечения сильноточного электронного потока формируется в мишени-люминофоре в виде распределения запасенной дозы излучения, повторяющего распределение плотности поперечного сечения электронного пучка. В качестве материала мишени-люминофора выбрана наноструктурная керамика на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , обладающая длительным послесвечением, интенсивность которого повторяет дозовое распределение по его поверхности.

Технология искусственного получения мишени-люминофора-мишени из наноструктурной керамики на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$  позволяет исключить существенные ошибки измерений и невоспроизводимость результатов, связанные с присутствием в материале люминофора-мишени неконтролируемых люминесцирующих примесей и их случайным характером распределения, как это имеет место в природных кристаллах с основной люминесцирующей примесью  $\text{Mn}^{2+}$ . Контролируемые и воспроизводимые условия получения люминофора-мишени из наноструктурной керамики на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$  с оптимальным соотношением между размером чувствительного зерна и плотностью керамического материала повышают яркость послесвечения и разрешающую способность измеряемых распределений, что и позволяет получать оцифрованное изображение распределения плотности электронного потока для его последующей обработки и документирования.

Размер чувствительного к излучению зерна в поверхностном слое наноструктурной керамики на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$  составляет величину 200-500 нм, что обеспечивает высокое пространственное разрешение изображения сечения электронного потока в люминесцентном контрасте. Керамическая форма люминофора-мишени обеспечивает его радиационную и термомеханическую прочность.

Люминесцентное изображение электронного пучка на люминофоре-мишени, выполненном из наноструктурной керамики на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , преобразуют

в видимое изображение известными инструментальными методами, оцифровывают его и получают данные для количественного анализа распределения плотности электронного пучка по его сечению.

В процессе реализации предлагаемого способа в ходе дополнительных исследований был обнаружен эффект оптической стимуляции интенсивности послесвечения облученного электронным пучком материала люминофора-мишени на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ . Эффект заключается в том, что облучение видимым светом приводит к появлению вспышек послесвечения, причем интенсивность их может превышать в 5-10 раз исходный уровень послесвечения, как это показано на фиг.2. Проведенные измерения показали, что наиболее эффективно вспышки возбуждаются под действием света с длиной волны 450-500 нм при времени стимуляции 10-60 секунд и мощности оптического излучения в месте расположения люминофора 1-5 мВт. Обнаруженный эффект оптической стимуляции интенсивности послесвечения облученного электронным пучком люминофора-мишени на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$  может быть полезно использован в решении поставленной в изобретении задачи. В частности, оптическая стимуляция облученного люминофора-мишени перед переносом изображения, например, с люминофора-мишени на фотоноситель позволяет в 3-5 раз сократить время экспозиции за счет усиления яркости изображения электронного потока.

Другой особенностью люминесцентных свойств  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , обнаруженной авторами, является то, что по своему классу это соединение оказалось эффективным запаасающим термолюминофором. Это означает, что при нагреве облученного электронным пучком материала люминофора-мишени на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$  на кривой его термовысвечивания наблюдаются два интенсивных пика около 270 и 450°C (фиг.3). Это свойство позволяет плавно и в широком диапазоне изменять интенсивность свечения люминофора-мишени, регулируя его температуру, сокращая тем самым время переноса изображения с люминофора-мишени, например, на фотоноситель.

Кроме того, термолюминесцентный пик около 450°C может выполнять роль резервной возможности получения изображения электронного потока. Так, если поверхность люминофора-мишени нагревается мощным электронным пучком до температуры 300-370°C, послесвечение исчезает, и единственной возможностью восстановления потерянного люминесцентного изображения электронного потока является нагрев люминофора-мишени до температуры 450-470°C. Физической причиной существенного усиления яркости свечения люминофора-мишени при ее нагреве является то, что к длительной люминесценции, обусловленной опустошением ловушек, нестабильных при комнатной температуре, добавляется люминесценция, обусловленная опустошением под действием температуры термически более глубоких ловушек. Одна группа ловушек ответственна за пик термостимулированной люминесценции при температуре около 270°C, вторая - 450°C.

На фиг.1. представлен оптический спектр послесвечения наноструктурной керамики на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , возбужденный электронным пучком дозой 10 Гр; на фиг.2 - послесвечение люминофора на основе наноструктурной керамики  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$  (1 - после возбуждения электронным пучком дозой 5 Гр; 2 и 3 - индуцированное послесвечение вспышками света мощностью 2 мВт с длиной волны 480 нм в течение 60 и 10 секунд соответственно);

на фиг.3 - термостимулированная люминесценция люминофора-мишени после облучения электронным пучком дозой 5 Гр;



на фиг.4 - распределение плотности импульсного сильноточечного пучка электронов по его сечению в единицах экспозиционной дозы.

Способ осуществляют следующим образом.

1. На пути электронного потока устанавливают люминофор-мишень с длительным (несколько сотен часов) послесвечением, изготовленную на основе наноструктурной керамики,  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ .

2. Перенос люминесцентного изображения сечения электронного потока и его запоминание на носителе осуществляют следующим образом. Облученную мишень приводят в оптический контакт с чувствительным слоем фотографической пленки и обеспечивают ее экспонирование люминесцентным излучением послесвечения мишени. Спектральный диапазон свечения длительной люминесценции выбранного материала люминофора-мишени представлен на фиг.1. Его коротковолновая компонента с пиком интенсивности около 400 нм соответствует максимуму спектральной чувствительности большинства фотопленок с высоким разрешением технического и медицинского применений, а длинноволновая компонента около 700 нм удобна для получения изображения на фотоносителе с использованием электронно-оптического преобразователя с фотокатодом, чувствительным к ближней инфракрасной области оптического спектра (М.М.Бутслов, Б.М.Степанов, С.Д.Фанченко. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. М.: Наука, 1978. С.432). Распределение плотности почернения на полученном изображении проявленной фотопленки соответствует распределению плотности потока электронов в сечении электронного пучка.

3. Оцифровывают полученное изображение, преобразуя его из аналоговой формы в цифровую, в частности фотометрируют изображение сечения электронного потока на пленке, получают количественные соотношения в распределении плотности электронного потока по его сечению (фиг.4).

1. Образцы и оборудование

Для проверки работоспособности предлагаемого способа использовали образцы синтезированных наноструктурных керамик с вариацией содержания кремния и германия  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ ,  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,6}\text{Ge}_{0,4})\text{O}_4$ ,  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,4}\text{Ge}_{0,6})\text{O}_4$ ,  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,8})\text{O}_4$ . Образцы представляли собой цилиндрические пластинки высотой 1 мм и диаметром около 30 мм. Сравнительный анализ интегрального выхода послесвечения показал, что наиболее эффективным является люминофор на базе наноструктурной керамики  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ . Это соединение и было выбрано для решения поставленной в предлагаемом изобретении задачи.

Исследовалось распределение плотности потока электронов в сечении импульсного сильноточечного электронного пучка, генерируемого электронным ускорителем типа РАДАН-220, максимальная энергия ускоренных электронов 200 кэВ, длительность импульса излучения 2-10 нс, ток в пучке - 2,5 кА. Диаметр выводного окна электронного пучка - 20 мм.

Для переноса люминесцентного изображения сечения потока электронов на фотоноситель контактным способом использовалась фотопленка типа РТ-5, применяемая в радиографии. Проявленное изображение оцифровывалось с помощью микрофотометра МФ-6. Данные фотометрирования использовались для количественного расчета и визуализации распределения электронного потока по его поперечному сечению. Полученное распределение может быть отградуировано в значениях тока электронного пучка или поглощенной дозы излучения и использоваться в качестве абсолютного параметра.

Для установления оптимальных режимов оптически стимулированных вспышек на кривой послесвечения в качестве источника света использовалась система оптический монохроматор и лампа накаливания. Проведенные измерения показали, что наиболее эффективное возбуждение реализуется светом с длиной волны в диапазоне 450-500 нм. Энергия квантов такой длины волны соответствует оптической глубине ловушек, ответственных за термолюминесцентный пик около 300°С. Оптимальное время оптической стимуляции составляло 10-60 секунд. Оптимальная мощность оптического излучения в месте расположения люминофора составляла 1-5 мВт. На фиг.2 кривой 1 представлено послесвечение люминофора на основе нанострукторной керамики  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , кривыми 2 и 3 - индуцированное вспышками света с длиной волны 480 нм в течение 60 и 10 секунд соответственно

Интегральное свечение образцов после действия облучения регистрировалось фотоэлектронным умножителем типа ФЭУ-142, спектральный состав свечения измерялся с помощью монохроматора ДМР-4, снабженного фотоэлектронным умножителем типа ФЭУ-106.

Термолюминесценция измерялась со скоростью нагрева люминофора-мишени 2°С/с, регистрация светового потока осуществлялась фотоэлектронным умножителем типа ФЭУ-142.

#### Формула изобретения

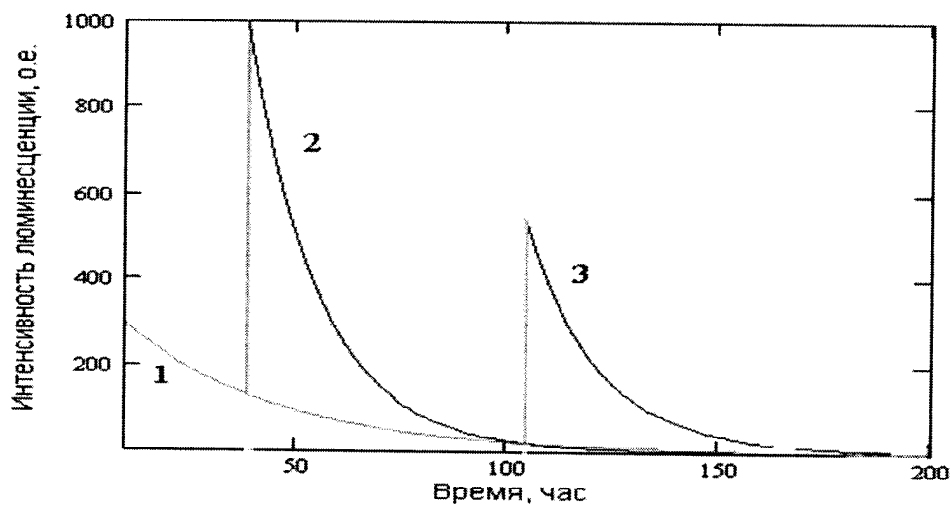
1. Способ определения распределения плотности потока электронов по его сечению путем размещения на пути электронного потока люминофора-мишени с длительным послесвечением, облучение ее электронным потоком, получение на ее поверхности люминесцентного изображения сечения электронного потока и определение по нему распределения плотности потока электронов по его сечению, отличающийся тем, что в качестве материала люминофора-мишени выбирают наноструктурную керамику на основе  $\text{Be}_2(\text{Si}_{0,8}\text{Ge}_{0,2})\text{O}_4$ , а распределение плотности потока электронов по его сечению определяют количественно по люминесцентному изображению сечения электронного потока, преобразованному из аналоговой формы в цифровую.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что на люминофор-мишень перед оцифровыванием дополнительно воздействуют излучением с длиной волны 450-500 нм, длительностью 10-60 с и мощностью излучения 1-5 мВт для многократного усиления интенсивности послесвечения люминофора.

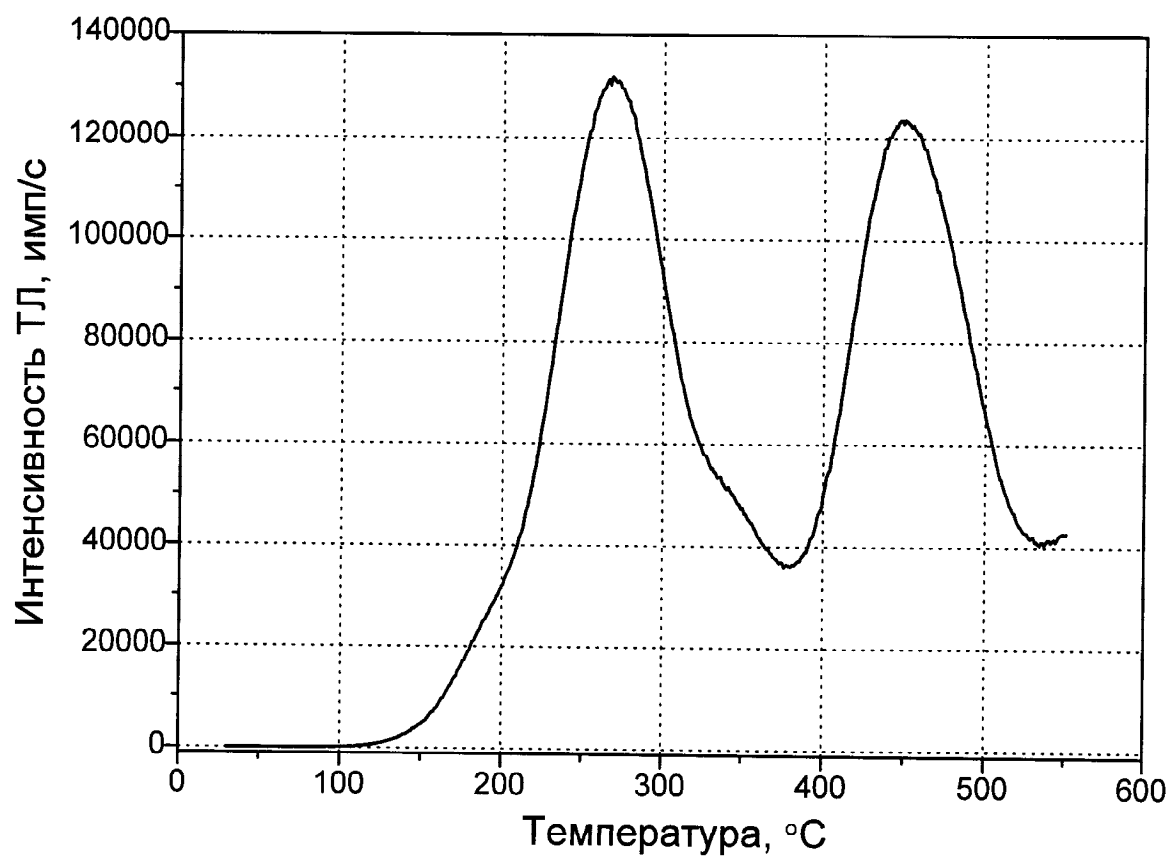
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что люминофор-мишень при оцифровывании дополнительно нагревают в интервале от 20 до 270°С для плавного изменения яркости свечения люминофора в широком диапазоне.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что люминофор-мишень при оцифровывании дополнительно нагревают до 450-470°С для аварийного восстановления изображения электронного потока в случае его потери в результате нагрева мишени-люминофора электронным пучком до температуры 300-370°С.

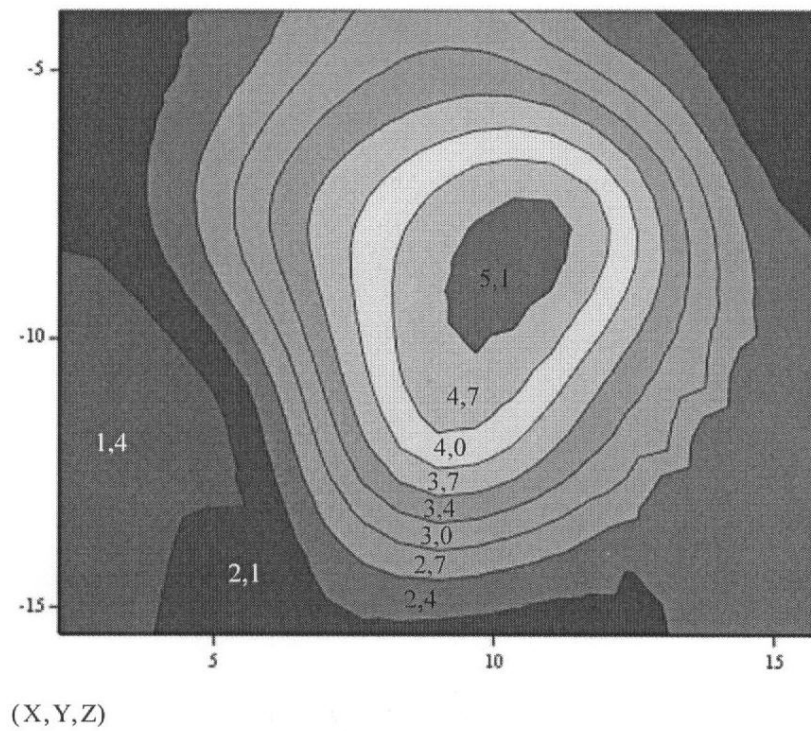
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что преобразование люминесцентного изображения из аналоговой формы в цифровую проводят в спектральных диапазонах около 400 и 700 нм для повышения качества и надежности преобразования.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А** Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **06.05.2011**

Дата публикации: **20.03.2012**

---

**RU 2 393 505 C1**

**RU 2 393 505 C1**